

# ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИНТЕНСИВНОГО ПОТОКА НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

**Новиков Г.В.**

*Руководитель – доцент, к. ф.-м. н. Чиванов А.В.*

Тамбовский государственный университет им. Г.Р.Державина, Россия  
e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Исследование структурных превращений в таких неравновесных системах как аморфные металлические сплавы при их облучении потоками заряженных частиц, способных инициировать процессы атомной перестройки за счет передачи энергии бомбардирующих частиц атомам твердого тела, представляет интерес для радиационной физики твердого тела.

Цель работы: установить влияние низкоэнергетического  $\beta$ - облучения на изменение механических свойств тонких лент аморфных и нанокристаллических сплавов, путем измерения микротвердости, а также на морфологические особенности их поверхностей.

Для проведения исследований использовали ленты аморфного сплава на основе Co (80%) – АМАГ-180 и нанокристаллического сплава на основе Fe (73,5%) – АМАГ-200, толщиной 20 мкм и шириной 4 мм, из которых вырезались образцы длиной 15 мм. Перед облучением, образцы наносили на подложку толщиной  $\approx 1$  мм, в качестве которой использовали полиэфирный композит с микротвердостью  $H_v \approx 1051$  кг/мм<sup>2</sup>. Образцы облучались в колонне электронного микроскопа ЭМВ-100Л при вакууме  $\sim 10^{-4}$  Па, с выдержкой от 10 до 60 минут с интервалом в 10 минут сфокусированным пучком  $\beta$ - частиц диаметром  $\approx 2$  мм. Энергия  $\beta$ - частиц составляла 75 кэВ. Облучению подвергали обе поверхности лент: контактную и свободную. Микротвердость образцов определяли на приборе ПМТ-3 с использованием пирамидки Виккерса. Изменение морфологии поверхности фиксировали при помощи оптического микроскопа.

В зоне воздействия потока  $\beta$ - частиц, при больших временах облучения наблюдали образование кратера, в ряде случаев разрушение образца.

Исследования показали, что микротвердость всех образцов монотонно увеличивается по мере приближения к области воздействия пучка (рис. 1).

а)

б)

Рис. 1. Изменение микротвердости тонких лент в зависимости от времени облучения: а) аморфного сплава; б) нанокристаллического сплава. На графиках штрихпунктирными линиями обозначено место образования кратера в зоне воздействия потока  $\beta$ - частиц. Каждая точка на графике соответствует усредненным данным по 5 образцам.

Увеличение микротвердости, является следствием совместного действия низкоэнергетических  $\beta$ - частиц и нагрева, возникающего при взаимодействии электронов с поверхностью металлических сплавов, и связано с образованием различного рода дефектов в зоне воздействия, таких как зерна, границы зерен, а также со структурными превращениями в сплавах, например рост микрокристаллов на поверхности сплава [1].

О характере структурных изменений судили по морфологическим особенностям деформации и разрушения сплавов в зоне воздействия индентора. При этом формировались характерные картины разрушения: отпечаток от индентора окруженный трещинами ориентированными параллельно его сторонам, что является следствием процесса охрупчивания аморфных и нанокристаллических сплавов. Чем ближе проводилось микроиндентирование к области воздействия, тем выраженнее характер разрушения образца, увеличивалось количество радиальных прямых трещин, часть из которых может объединяться с кольцевыми трещинами, вплоть до выхода трещин на грани образца [2].

Процессы, протекающие в приповерхностных слоях аморфных сплавов, относительно мало изучены. В данной работе наблюдали зеренную и дендритную кристаллизацию поверхности в нанокристаллическом сплаве на основе Fe на контактной и зеренный тип кристаллизации у аморфного сплава на основе Co с неконтактной стороны. Обнаружен рост микрокристаллов, которые образовывались в зоне действия сфокусированного пучка  $\beta$ - частиц.

После облучения на поверхностях контактной и не контактной сторон появляются структурные неоднородности. На неконтактной стороне ленты, после облучения исчезает рельеф в зоне воздействия пучка. Размеры кристаллов на обеих поверхностях лент достигают  $\sim 10$  мкм.

На поверхности сплавов в результате воздействия сфокусированного пучка электронов наблюдали образование пленки из твердого вещества, предположительно образующейся из осаждения паров атомов сплава возбужденных электронным пучком. При исследовании морфологии поверхности образца на оптическом микроскопе, наблюдали интерференционные картины двух видов: картина, образованная в результате воздействия  $\beta$ - частиц, и картина, образованная в результате воздействия индентора.

Размеры участка поверхности покрытого пленкой, зависит от времени облучения и от выбора сплава. При облучении аморфного сплава в течение 60 минут диаметр пятна поверхности покрытого образующейся пленкой, составляет порядка 300 мкм. По интерференционным картинам можем судить о толщине пленки, которая составляет  $\sim 0,1$  мкм.

Установлены морфологические особенности макрокартин деформирования и разрушения ленточных образцов аморфных и нанокристаллических сплавов, подвергнутых воздействию  $\beta$ - частиц, в зависимости от величины прикладываемой нагрузки и времени облучения.

По характеру морфологических особенностей, можно судить о температуре в зонах индентирования.

Исследование макрокартин деформирования и разрушения аморфных и нанокристаллических сплавов позволяет судить о температурах нагрева и протекающих превращениях в тех или иных областях, в силу их подобия картинам разрушения и деформирования, полученных при регламентированном печном отжиге.

#### Литература

1. Капустин А.Н., Федоров В.А., Яковлев А.В. Действие нагрева и лазерного излучения на эволюцию механических свойств металлических стекол // Перспективные материалы. – 2007. – Т. 2 – С. 333–337.
2. Пермякова И.Е. Эволюция механических свойств и особенности кристаллизации металлического стекла системы Co-Fe-Cr-Si подвергнутого термической обработке: дис. ... канд. физ.-мат. наук / Белгород. – 2004. – 138 с.